

Рысмагамбетова А.,
Павличенко Л., Төлембай Г.

**Оценка современного
состояния проблемы очистки
подземных вод долины реки
Илек от загрязнения бором**

На формирование экологической ситуации Актюбинской области влияют несколько факторов: выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду от действующих промышленных предприятий, выбросы автотранспорта, влияние техногенных минеральных образований, воздействие исторических загрязнений. При этом происходит загрязнение всех природных сред – атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвы, растительности. Особого внимания заслуживают очаги исторических загрязнений, присутствующие на территории области. В связи этим, одним из основных направлений устойчивого развития системы охраны окружающей среды в Республике Казахстан является очистка территории Казахстана от исторических загрязнений. Статья представляет собой обзор многочисленных исследований, посвященных проблеме выявления основных источников загрязнения реки Илек и подземных вод ее долины, способам защиты от загрязнения и методам очистки загрязненных подземных и поверхностных вод от бора. Поверхностные и подземные воды региона в результате деятельности промышленных предприятий содержат весьма токсичные соединения бора. Анализ этих источников позволил сформировать представления о характере распространения загрязненных подземных вод, динамике уровней загрязнения подземных и поверхностных вод, предлагаемых путях очистки загрязненных вод и экологических рисках для населения области при отсутствии мероприятий по очистке подземных вод от загрязнения бором.

Ключевые слова: экология, подземные воды, шлапоулавитель, загрязнение бором, фильтрация, электрокоагуляция.

Rysmagambetova A.,
Pavlichenko L., Tolembay G.

**Assessment of the
problems'current state of
cleaning groundwater Ilek river
valley from boron pollution**

The formation of the environmental situation of Aktobe region is influenced by several factors: the emissions and discharges of pollutants into the environment from the existing industry, motor vehicle emissions, the impact of man-made mineral formations, and the impact of historical pollution. This results in contamination of the natural environment – air, ground and surface water, soil and vegetation. Particularly noteworthy are the centers of historical pollution present in the region. In this regard, one of the pillars of sustainable development environmental protection system in the Republic of Kazakhstan is cleaning the territory of Kazakhstan from the historical pollution. The article is a review of numerous studies on the problem of identifying the major sources of pollution of groundwater Ilek river valley, methods of protection against pollution and the methods of cleaning contaminated groundwater and surface water from the appliance. Surface and underground water in the region as a result of industrial activities contain highly toxic compounds of boron. Analysis of these sources has allowed generating ideas about the nature of the dissemination of contaminated groundwater, changes in the level of pollution of groundwater and surface water, the proposed ways to clean polluted water and environmental risks for the population of the area in the absence of measures to clean up groundwater contamination from boron.

Key words: environment, ground water, slurry tank, boron contamination, filtration, electrocoagulation.

Рысмагамбетова А.,
Павличенко Л., Төлембай Г.

**Елек өзені су аңғарындағы
жерасты суларының бормен
ластанудан тазарту мәселесінің
қазіргі жағдайын бағалау**

Ақтөбе облысының экологиялық ахуалының қалыптасуына бірнеше факторлар әсер етеді: қолданыстағы өнеркәсіп мекемелерінің қоршаған ортаға ластаушы заттардың шығарындылары және төгіндісі, автокөлік шығарындылары, техногендік минералдық түзілімдердің әсері, тарихи ластанудың ықпал етуі. Бұл ретте барлық табиғи ортада ластану үдерісі жүреді: атмосфералық ауада, жер асты және жер үсті суларында, топырақ және өсімдіктерде. Облыс аумағында орналасқан тарихи ластану көздеріне ерекше назар аударуға тұрарлықтай. Осыған байланысты Қазақстан Республикасының қоршаған ортаны сақтауда тұрақты дамудың басты бағыты ретінде Қазақстан территориясын тарихи ластанулардан тазарту. Мақала Елек өзені және оның алқабындағы жер асты суларының басты ластаушы көздері мәселесін анықтауға, ластанудан қорғану тәсілдері мен жер асты және жер беті суларын бордан тазарту әдістерін көптеген зерттеу жұмыстарын шолу болып табылады. Өнеркәсіптік мекемелердің қызметі нәтижесінде аймақтың жер беті және жер асты суларын бордың аса уытты қосылысы құрайды.

Түйін сөздер: экология, жерасты сулары, қалдық жинақтаушы, бормен ластану, фильтрация, электрокоагуляция.

**ОЦЕНКА
СОВРЕМЕННОГО
СОСТОЯНИЯ
ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ДОЛИНЫ РЕКИ ИЛЕК
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
БОРОМ**

Река Илек протекает с юга на север через весь Алгинский район Актюбинской области, имеет постоянный поверхностный сток и многочисленные старицы. Геохимические особенности ландшафтов исследуемой территории обусловлены преимущественно окислительными, щелочными и нейтральными средами в почвах и водах, восстановительные среды ограничены локальным распространением.

С 1937 г. борно-кислотное производство Актюбинского химического завода (АХЗ) сбрасывало все стоки предприятия в пойму реки Илек без очистки. Только в 1956 г. непосредственно на дне долины в бывших старицах реки Илек производят сооружение прудов-накопителей, но без противофильтрационного экрана. Ко времени консервации этих прудов (1963 г.) в них накопилось около 20 тыс. тонн бора.

Следует отметить, что этот шламонакопитель никогда не являлся предметом экологических исследований, однако определение «старый» в анализируемых источниках очень часто относится к этому накопителю. Но после строительства в 1980 г. последнего для АХЗ «нового» накопителя на коренном берегу этот эпитет стал использоваться для шламонакопителя, построенного в 1963 г. Этот накопитель для принятия стоков от борно-кислотного производства АХЗ построен в пойме реки на аллювиальных четвертичных песчано-гравийных отложениях, имеющих высокую проницаемость, и также без противофильтрационного экрана. Он был законсервирован в 1980 г., современное его состояние (2009 г.) представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Современное состояние «старого» шламонакопителя борно-кислотного производства АХЗ

Для защиты подземных и поверхностных вод к 1994 г. вдоль северо-восточного борта «старого» шламонакопителя была сооружена «стена в грунте». Однако экологический эффект этой «стены» оказался недостаточным и непродолжительным, поскольку на отдельных участках целостность «стены» нарушена, и кроме того происходит ее обтекание подземными водами.

Таким образом, «старые» пруды-шламонакопители остаются мощным и устойчивым поставщиком бора в окружающую среду.

В 1981 г. были построены «новые» шламонакопители на коренном берегу р. Илек, расположение которых хорошо обосновано с гидрогеологических позиций. Фильтрационные свойства пород, слагающих дно «новых» шламонакопителей и окружающую территорию, весьма низкие. Однако и они превратились во второй источник поступления бора в подземные воды. Из-за высокого гипсометрического положения «новых» шламонакопителей проток в них подавался под напором. Чрезвычайно высокая кислотность стоков ($\text{pH} = 1,5-2,0$), приводящая к коррозии труб, создавала аварийные ситуации. В результате стоки сбрасывались в р. Суыксу, приток р. Илек. Новые шламонакопители обвалованы мощными дамбами, тем не менее, через них с восточной стороны (в сторону р. Илек) постоянно сочились стоки, образуя широкие мочажины, недоступные для проезда транспорта.

Итак, большие дефекты строительства «новых» шламонакопителей обусловили загрязнение почвогрунтов прилегающих территорий в трансэлювиальных и супераквальных ландшафтах, а также вод р. Байпакты и р. Суыксу и через них р. Илек. Кроме того, следует учитывать возможность поступления загрязняющих веществ в водоносный горизонт аллювиальных отложений со снеготальными водами и ливневым стоком со стороны промплощадки АХЗ и «новых» шламонакопителей.

Факт загрязнения подземных вод бором впервые был обнаружен в 1972 г. С 1975 г. на опытно-производственном полигоне проводятся наблюдения за изменением естественного режима подземных вод, обусловленного фильтрацией проток, сбрасываемых в пруды. Исследованиями ПГО «Запказгеология» и другими организациями бор обнаружен в проток, в водах аллювия и в р. Илек, а также в подземных водах на всем протяжении долины от г. Алга до границ Оренбургской области, т.е. на протяжении более 100 км.

Основными направлениями проведенных ранее работ были изучение загрязнения почвенного и снежного покрова на площади, охватывающей промплощадку АХЗ и г. Алга (Зейберлих, 1991:96), (Давидович, 1991: 95, 106, 149), (Скаков, 2007: 94), (Павличенко, 1995: 141).

Основными методами исследований были сокращенный химический анализ воды и количественный спектральный анализ проб почвы и сухого остатка водных проб. Исследования загрязнения подземных вод в долине р. Илек бором выполнялись Актюбинской ГГЭ (ТОО Акпан) по госзаказу, при этом бор оставался единственным изучаемым компонентом загрязнений. Изучение загрязнения поверхностных вод выполнялось в основном Актюбинским центром гидрометеорологии.

В 1989-1991 гг. комплексной опытно-методической партией ПГО «Запказгеология» были проведены эколого-геохимические исследования, для чего было отобрано 340 проб, в том числе 85 проб по заводу и 255 проб по городу Алга. На промышленной площадке Актюбинского химического завода и территории г. Алга в пробах почв и грунтов отмечены очень высокие концентрации ряда химических элементов, многие из которых являются токсикантами (медь, свинец, молибден, мышьяк и др.).

Зона высокого загрязнения почв по бору весьма локальна и приурочена непосредственно к цеху по его производству. В целом площадь максимального техногенного загрязнения отвечает промзоне АХЗ.

К сожалению, до начала работ ТОО ЦОЗиЭП в 2008 г. конкретному изучению вещественного состава шламонакопителей и происходящим в них процессам внимания не уделялось. Единственным компонентом загрязнения подземных и поверхностных вод, по которому проводилось изучение динамики его концентраций и его миграции, оставался бор.

По состоянию на конец 2005 г. ТОО «Акпан» зафиксировано три вторичных очага загрязнения бором подземных вод за пределами шламонакопителей. К ним отнесены участок размещения скважин 1585 и 1587, расположенных между южной частью «старого» шламонакопителя и рекой Илек, зона размещения скважин 1353 и 1598, находящаяся к северу от северо-западного края северного шламонакопителя, и территория, примыкающая с юго-запада к «новым» шламонакопителям (скв. 1297 и 1298). Высокие концентрации бора в скважинах вблизи «новых» шламонакопителей

(более 800 мг/дм³), по мнению авторов отчетов, объясняются формированием геохимического барьера вследствие низких фильтрационных свойств пород и образованием соответствующей «ловушки».

Детальное изучение миграции в воде других компонентов, в частности фтора, проведено при изучении донных илов Актюбинского водохранилища Геоэкологической партией ПГО «Запказгеология» в 1992 г. Эти исследования были инициированы фактом 2-3-кратного превышения ПДК по бору в водозаборных скважинах при том, что выше и ниже по течению содержания бора были ниже ПДК. Этот факт был объяснен подтягиванием поверхностных вод в депрессионные воронки и фильтрацией через донные отложения с сорбированным на них бором (Павличенко, 2010: 303), (Павличенко, 2011а: 280), (Павличенко, 2011б: 288), (Бураков, 2011: 614), (Павличенко, 2012: 96).

При этом экспериментально было установлено, что содержание бора в водных вытяжках из илов составляет 0,1-0,5 мг/100 г, фтора: 0,3-1,6 мг/100 г. Этими исследованиями была установлена способность илов сорбировать бор, а также высокая его подвижность, когда любое механическое воздействие приводило к возврату сорбированного илами бора в растворенное состояние. В качестве рекомендации в этом отчете предлагалась ликвидация Актюбинского водохранилища на начальной стадии его заполнения, пока оно не превратилось в новый мощный источник загрязнения.

Прекращение производственной деятельности АХЗ привело к значительному снижению загрязнений поверхностных и подземных вод бором. Строительство «стены в грунте» также внесло временный эффект в снижение концентраций бора в подземных водах долины р. Илек. Снижение содержания бора в подземных водах происходило также за счет снижения его концентрации в почвогрунтах в результате прекращения выбросов АХЗ при промывании их тальми водами в период весенних снеготаяний, и в третью очередь за счет естественного оттока подземных вод вниз по потоку. В 2005 году максимальные концентрации бора в подземных водах составляли от 20 до 885 мг/дм³ (от 40 до 1770 ПДК), с ореолом загрязнения 21,1 км².

Строительство Актюбинского водохранилища на р. Илек южнее г. Актобе способствовало снижению содержания бора в поверхностных водах р. Илек на выпуске из Актюбинского водохранилища. Это повлекло за собой

снижение его концентрации в большинстве наблюдательных скважин на Илекском инфильтрационном водозаборе и соответственно в эксплуатационных скважинах этого водозабора. В то же время в Актюбинском водохранилище происходило и происходит до настоящего времени накопление борсодержащих илов, формируя постоянно возрастающую угрозу повторного вывода из строя инфильтрационных водозаборов г. Актобе, расположенных ниже плотины. Этот факт подтверждается редкими пока случаями превышения ПДК по бору ниже плотины после пусков, создающих условия турбулентного перемешивания воды в Актюбинском водохранилище.

На современном этапе согласно исследованиям, проведенным в 2008 году ТОО Центр охраны здоровья и экопроектирования (ЦОЗиЭП), только в очаге максимального загрязнения подземных вод накоплено 3780 тонн бора. Оценки ЦОЗиЭП показали, что до 1963 г. в почвогрунты и долину р. Илек попало более 70000 тонн бора. Становится очевидным, почему бор до сих пор фиксируется в р. Илек на границе с Россией.

Карта изоконцентрат бора, построенная ЦОЗиЭП на основе технологий ГИС по данным ТОО Акпан на конец 2005 г., более четко показала, что все выделенные ТОО Акпан локальные очаги загрязнения образуют единый очаг (рис. 2). Здесь в зоне с концентрациями бора более 500 мг/дм³ оказываются в основном участки, расположенные ниже шламопроводов к новому шламонакопителю, юго-западной части нового шламонакопителя, а также зона старого шламонакопителя без ее северной части, на которой сказывается влияние стены в грунте (рисунки 2).

Особую остроту проблемы очистки подчеркнули результаты послыйного опробования шламов, проведенного ЦОЗиЭП в июле-августе 2008 г. для старого и летом 2009 г. для нового шламонакопителя впервые за историю их существования. Определения содержаний бора в водных вытяжках из проб шламов, отобранных с разных глубин старого и нового шламонакопителей, демонстрируют высокие содержания бора в пробах шламов, начиная с глубины 1 м (см. табл. 4.2). В то время как пробы шламов, отобранных ЦОЗиЭП в 2007 и 2008 г. с глубины 0-0,5 м, дали практически нулевые концентрации бора, что свидетельствует о промывке верхнего слоя шламов атмосферными осадками и тальми водами (Кравченко, 1965:77),

(Пилипенко, 1990: 7), (Павличенко, АС), (Галкин, 1986: 791), (Леонтьева, 1991: 430).

Максимальные концентрации бора, превышающие 1500 мг/дм^3 в выборках по старому и новому шламонакопителям, встречаются в единичном случае и отличаются мало (1800 и 1920 соответственно), количество проб с концентрациями в интервале 1000-1500 мг/кг отличается в два раза (6 и 12), в интервалах 500-1000 и 200-500 мг/кг – в 1,33 раза, однако в интервале с самыми низкими для шламонакопителей концентрациями бора в водных вытяжках шламов больше проб в старом накопителе.

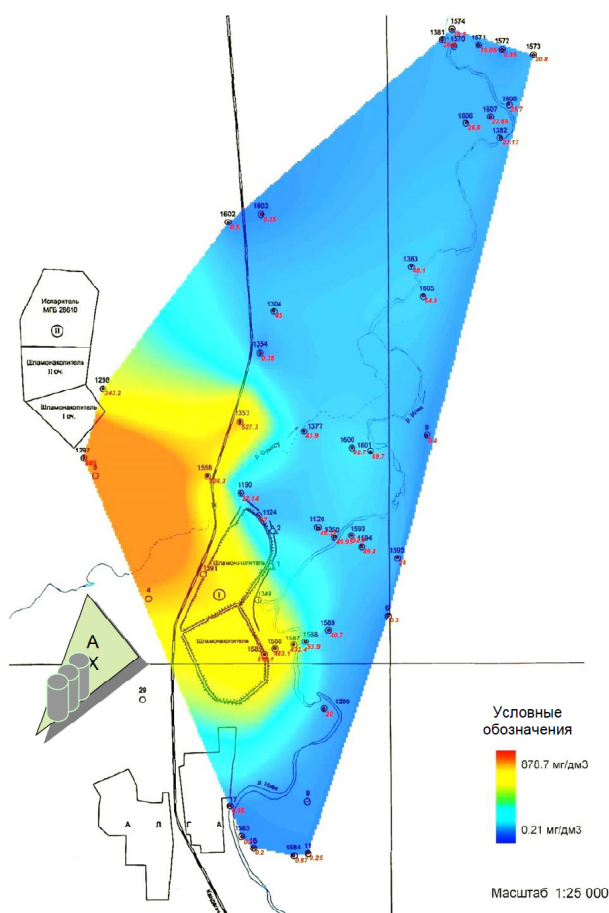


Рисунок 2 – Зоны распространения максимального загрязнения подземных вод по состоянию на 2005 г. (по данным ТОО ЦОЗиЭП)

Наличие замедленного водообмена в новом шламонакопителе наглядно демонстрируют данные по сопоставлению средних концентраций бора в шламах и поровых водах в этом шламонакопителе (968 мг/кг и 857 мг/дм^3 соответственно – различие в 1,12 раз) по

сравнению со старым (835 мг/кг и 422 мг/дм^3 – в 1,98 раз). Тем не менее, максимальные концентрации бора в отдельных пробах нового шламонакопителя снизились до 360 мг/кг , а в старом – до 170 мг/кг .

В целом, результаты этих исследований позволили ранжировать основные источники загрязнения подземных и поверхностных вод бором в бассейне реки Илек, к которым отнесены зоны «нового» и «старого» шламонакопителей и промышленная площадка АХЗ (рис. 3).

Все это явилось фактическим обоснованием оптимальности выбора предложенной в ТЭО схемы перехвата дренажными водозаборами подземных вод в зоне их максимального загрязнения с очисткой на очистных установках и последующим использованием очищенных вод в экологических и/или хозяйственно-бытовых целях.

Были выполнены специальные исследования по отработке технологии очистки подземных вод от бора, основанные на обширном анализе опубликованных источников (NiyaziBıçak 2000: 577), (Malakootian, 2007: 74), (MebrureBadruk, 1999: 133), (EsengylKıçse, 2014: 1637), (WHO, 2011: 675), (SimonnotMarie-Odile, 2000: 1354) (BicarNigazi, 1998: 2113).

Основные проектные решения по заказу ЦОЗиЭП выполнены во ВНИИ ВОДГЕО совместно с Экологическим Холдингом «Комплект Экология» на основе лабораторных и опытно-экспериментальных исследований.

1. На основе анализа большого количества методов очистки природных вод от бора показано, что ионообменные смолы полимеризационного типа с анионообменными группами могут быть использованы для извлечения бора при очистке природных вод и технологических растворов. В данном способе используются новейшие разработки по уже изученному и хорошо себя зарекомендовавшему методу.

2. Борселективные аниониты рекомендуются для разработки технологии извлечения соединений бора из подземных вод методом фильтрации в широком диапазоне концентраций бора, включая области низких значений порядка 4-6 ПДК. Это одно из главных преимуществ данного метода по сравнению с другими. Именно данный метод на современном этапе рекомендован в ТЭО в качестве основного, способного обеспечить глубокое удаление бора до норм ПДК.

3. Однако ионообменные смолы являются весьма дорогим методом для очистки подземных вод при их обратной закачке в пласт, поэтому

финансовые соображения активизируют поиск новых или совершенствование уже известных методов очистки природных вод от бора. Примером может служить работа (Иванова, 2015: 48), в которой описан метод электрокоагуляционной очистки подземных вод с некоторыми

усовершенствованиями установки, позволившими получить патент на интеллектуальную собственность. Однако и в этой работе подземные воды очищаются после их подъема на поверхность, т.е. используется тот же прием, что и в ТЭО, разработанном ЦОЗиЭП.

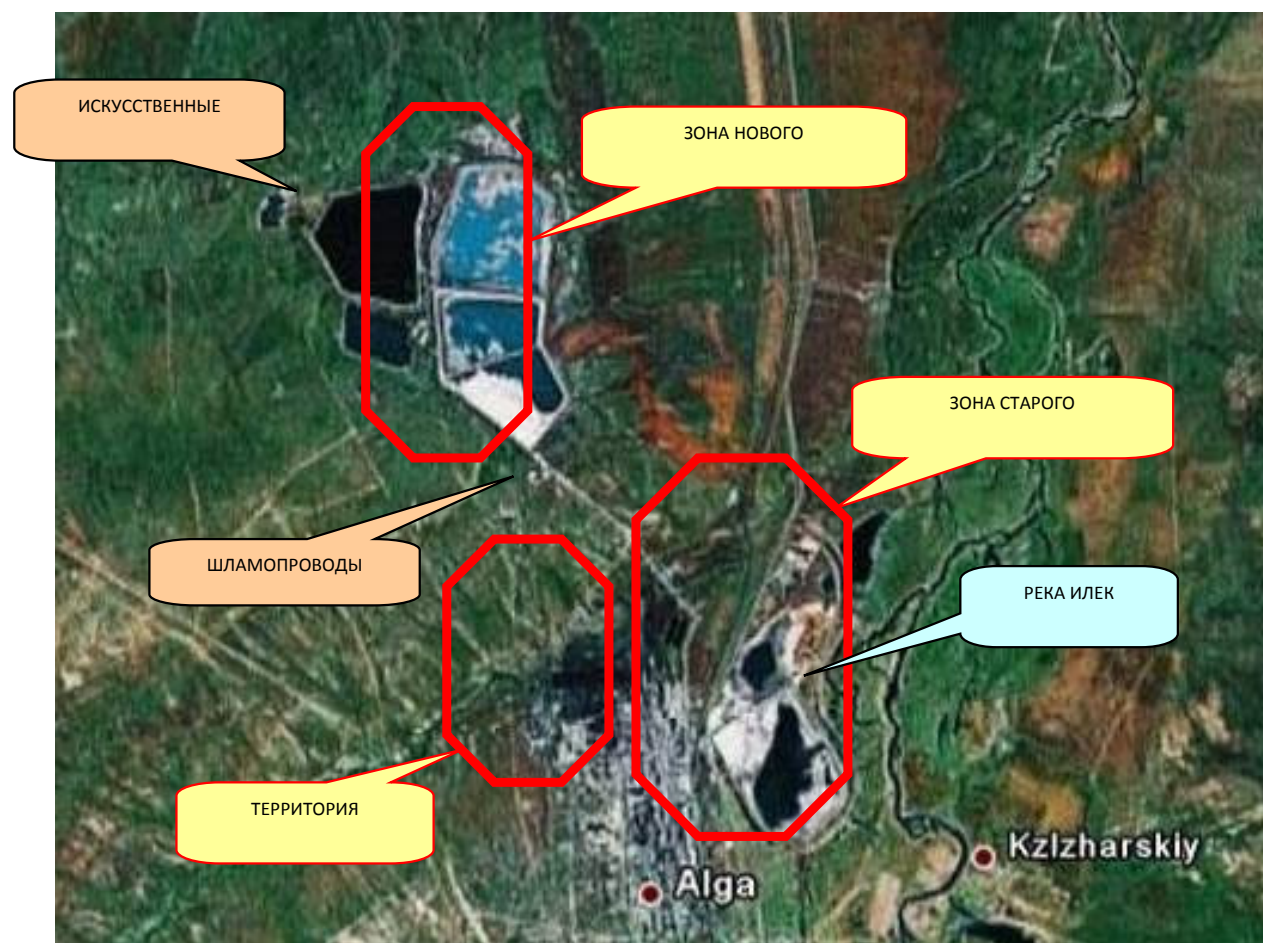


Рисунок 3 – Основные источники загрязнения бором объектов окружающей среды (по данным ЦОЗиЭП)

4. Поскольку в 2005 г. в связи с прекращением финансирования ТОО «Акпан» завершило мониторинг подземных вод на полигоне загрязнения подземных вод бором, попытаемся проследить временную динамику загрязнения бором поверхностных вод на основе наблюдений по постам Казгидромета. Согласно описанию наблюдательной сети в Информационных бюллетенях о состоянии окружающей среды в Республике Казахстан, Центр экологического мониторинга окружающей среды Республики Казахстан РГП «Казгидромет» МЭ (ранее МООС) в пределах Актюбинской области до границы с РФ имеет 5 наблюдательных водных створов (Таблица 1).

Таблица 1 – Расположение водных постов по р. Илек

№, пп	Наименование водного поста	Расстояние, км	Расположение
1	Алга 1	1 км	Выше шламовых прудов
2	Алга2	0,5	Ниже выхода подземных вод
3	Актобе ств.1	0,5 км	Выше города
4	Актобе ств. 3	0,5 км	Ниже устья р. Дженишке
5	п. Георгиевка	0,5 км	Ниже выхода подземных вод

На исследуемый участок Алга – Актюбинское водохранилище приходятся первые три поста, да и то последний из них лишь условно можно принять за пост на Актюбинском водохранилище, поскольку он находится на расстоянии 0,5 км выше города Актобе, т.е. ниже плотины. Первый пост является фоновым по отношению к старому шламонакопителю, второй пост находится ниже поселка Бестамак на 0,5 км, т.е. значительно ниже шламовых прудов (21 км ниже старого шламонакопителя).

По данным информационных бюллетеней, на основании усредненных за год зарегистрированных случаев высокого загрязнения была составлена таблица 2.

Таблица 2 – Результаты наблюдений загрязнения поверхностных вод бором на участке г. Алга – г. Актобе, в мг/дм³ за период 1997-2016 гг.

№№ п/п	Годы	Гидропосты		
		Алга 1	Алга 2	Актобе створ 1
1	1997	0,47	1,13	0,47
2	1998	0,34	1,02	0,43
3	2000	0,21	0,73	0,39
4	2001	0,2	0,49	0,34
5	2002	0,42	1,09	0,49
6	2003	0,23	0,96	0,81
7	2004	0,2	0,73	0,33
8	2005	0,2	0,64	0,3
9	2006	0,36	1,04	0,4
10	2007	0,35	0,72	0,37
11	2008	0,36	0,63	0,35
12	2009	0,37	0,64	0,46
13	2010	0,36	0,69	0,43
14	2011	0,21	0,53	0,36
15	2012	0,29	0,64	0,39
16	2013	0,26	0,44	0,28
17	2014	0,27	0,413	0,24
18	2015	0,25	0,28	0,22
19	2016	0,21	0,48	0,27

Как видно из таблицы 2, по значениям концентраций бора визуально трудно представить характер их временной динамики по створам. Для визуализации режимных наблюдений были

построены диаграммы и выбраны тренды для приблизительного описания кривых (Рис. 4). При подборе трендов наиболее подходящими к временному ходу кривых оказались полиномиальные зависимости, хотя точность аппроксимации кривых этими трендами оставляет желать много лучшего – максимальное приближение оказалось для поста Алга 2, да и это оно составило лишь 66,3% точности описания дисперсии ряда. Остальные тренды описывают менее 50% дисперсий.

Общий характер трендов можно определить как постепенно растягивающиеся циклические колебания с уменьшением амплитуды. Тот факт, что степени полиномов различаются, свидетельствует о разных процессах, формирующих величину концентрации бора в наблюдательных створах.

Если следовать интерпретации изменения временного режима в створах по более детальным исследованиям в период мониторинговых наблюдений ТОО «Акпан», приведенной в для подземных вод, можно сделать вывод о влиянии выклинивающихся в р. Илек загрязненных подземных вод для поста Алга 2, хотя этот пост находится на расстоянии более 20 км от шламонакопителей. Подтвердить это предположение при отсутствии данных о современных концентрациях бора в наблюдательных скважинах полигона можно на основе моделирования процессов разбавления поверхностными водами р. Илек выклинивающихся в ее русло загрязненных подземных вод.

Итак, в результате обзора опубликованных источников, фондовых гидрогеологических материалов и экспериментальных исследований ЦОЗиЭП в качестве закономерных выводов можно отметить, что основными путями поступления бора в подземные воды являются фильтрация через дно старого шламонакопителя, инфильтрация в водоносный горизонт загрязнений, смытых снеготальными водами и ливневым стоком с промплощадки АХЗ, мест аварийных разливов пульпопроводов и утечек через разуплотнения восточной дамбы в зоне новых шламонакопителей, а также с зон пылевых осадений выбросов АХЗ, старых и новых шламонакопителей.

Выклинивание загрязненных подземных вод в р. Илек, где бор сорбируется илами, которые оседают в Актюбинском водохранилище, создает высокую опасность превращения Актюбинского водохранилища в новый источник загрязнения расположенных ниже его

плотины инфильтрационных водозаборов г. Актобе. Поэтому вызывает тревогу тот факт, что по ликвидации загрязнения подземных вод

бором не были проведены работы даже по проблемному участку, т.е. продолжается поступление в Актюбинское водохранилище бора.

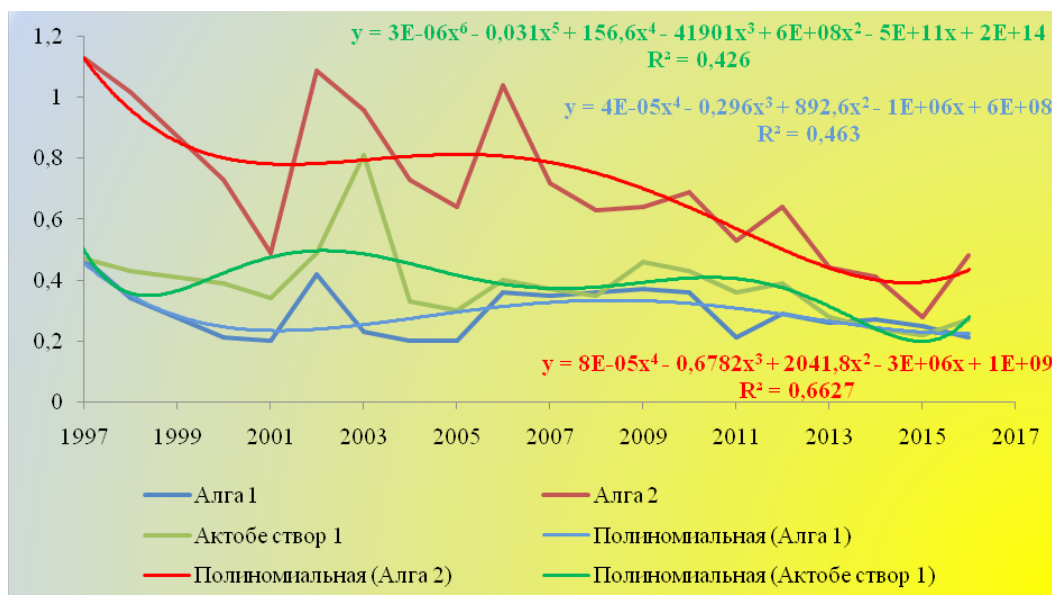


Рисунок 4 – Диаграмма режимных наблюдений загрязнения поверхностных вод бором

Поскольку после проведения госэкспертизы ТЭО по очистке подземных вод от бора, разработанного ЦОЗиЭП, прошло уже более 5 лет, необходима разработка нового проекта, что в новых экономических условиях вряд ли окажется возможным.

Следует искать новые способы защиты, которые в максимально короткие сроки уменьшат концентрацию бора в илах Актюбинского водохранилища и помогут местным жителям, использующим подземные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Литература

- 1 Бураков М.М., Павличенко Л.М. (2011) Масштабы реализации проекта по очистке подземных вод долины р. Илек от бора / Мат. Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию кафедры ГИГЭ Национального исследовательского Томского политехнического университет «Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидроэкологии», Томск, Россия. – С. 614-622
- 2 Галкин В.М., Шарыгин Л.М. и др. (1986) Сорбция бора гидратированным диоксидом циркония, полученным зольгель-методом // Изв.АН СССР. Неорганические материалы. – 22, №5. – С. 791-794.
- 3 Давидович Г.Т., Сахатова Г.С., Давидович С.Г. (1994) Эколого-гигиенические аспекты охраны окружающей среды и здоровья человека. Сб. трудов Мин. экологии и биоресурсов РК за 1994 г.
- 4 Зейберлих Н.Э., Власко Г.Н. (1991) Бюллетень Московского общества испытателей природы.
- 5 Иванова С.А. (2015) Разработка технологии очистки природных вод от соединений бора, аммония и железа: дисс. соиск. уч. степ. канд. тех. наук. – М.: Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Институт химии и проблем устойчивого развития. – С. 45-110.
- 6 Кравченко В.Б. (1965) Кристаллическая структура $CaB_2O_4 \cdot 6H_2O$ // Журнал структ. Химии. – 1965. – Т. 5.
- 7 Леонтьева Г.В. (1991) Влияние некоторых факторов на кинетику сорбции ионов бора неорганическим анионообменником типа МНГ // Ж.прикл.химии. – 64. – №2. – С. 430-434.
- 8 Павличенко Л.М. (1995) Контроль процесса загрязнения подземных вод бором на основе метода стандартной матрицы нагрузок // Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях: Материалы III-го международного симпозиума, Белгород, Россия. – С. 141-147.

- 9 Павличенко Л.М.(2010) Оценка сроков очищения от бора старого шламонакопителя в долине р. Илек на основе модели разбавления // Сб. тр. Первой международной научно-практической конференции «Современное состояние и проблемы инженерной экологии, биотехнологии и устойчивого развития», КазНТУ, Алматы, Казахстан. – С. 303-308.
- 10 Павличенко Л.М. (2011) Модели самоочищения от бора шламонакопителя и почвогрунтов в долине р. Илек / Мат. Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию кафедры ГИГЭ Национального исследовательского Томского политехнического университет «Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидроэкологии». Томск, Россия. – С. 288-295.
- 11 Павличенко Л.М. (2011) Пылеперенос из шламонакопителя как источник загрязнения почвогрунтов и подземных вод долины р. Илек бором // Мат. Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию кафедры ГИГЭ Национального исследовательского Томского политехнического университет «Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидроэкологии», Томск, Россия. – С. 280-287
- 12 Павличенко Л.М. Авторское свидетельство №449012 ВОИ 39110.
- 13 Павличенко Л.М., Склярова Г.Л., Актымбаева А.С. (2012) Оценка роли основных источников загрязнения бором подземных и поверхностных вод долины р. Илек // Вестник КазНУ. Сер.географическая. – № 1 (34). – С. 96-104.
- 14 Пилипенко А.Т., Гребенюк В.Д. Мельник Л.А. (1990) Извлечение соединений бора из природных и промышленных вод // Химия и технология воды. – №3.
- 15 Скаков А., Сафронов Г. (2007) Информационный бюллетень по материалам проекта «Создание Урало-Каспийского Бассейнового Совета».
- 16 Bicar Nigazi, Sencal Bahire Filiz (1998). Sorbitol – modified poly (N-glycidyl styrene sulfonamide) for removal of boron. J. Appl. Polym. Sci, 1998/ 68, №13, pp.2113-2119.
- 17 Esengül Kçse, Cem Tokatli, Arzu Zizek Monitoring Stream Water Quality: A Statistical Evaluation. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 23, No. 5 (2014), 1637-1647
- 18 Malakootian M., Hasibi A., Zeinadini A. (2007) The Evaluation of Underground Water Recourses' Boron Concentration and Variation Pattern Iranian J Publ Health, Vol. 36, No.4 P. 74-80
- 19 Mebrure Badruk, Nalan Kabay, Mustafa Demircioglu, Hasan Mordogan, Uner Ipekoglu (1999) Removal of Boron from Wastewater of Geothermal Power Plant by Selective Ion-Exchange Resins. I. Batch Sorption–Elution Studies Separation Science and Technology Vol. 34 , Iss. 13
- 20 Niyazi Bıçak, H. Önder Özbelge, Levent Yılmaz, Filiz Senkal B. (2000) Cross linked polymer gels for boron extraction derived from N-glucidol-N-methyl-2-hydroxypropul methacrylate. Marcomol. Chem and Phys. P.577-584 .
- 21 Simonnot Marie-Odile, Castel Christo, Nicolai Miguel, Rosin Christophe, Sardin Michel. (2000) Удаление бора из питьевой воды с использованием ионообменных смол. [Boron removal from drinking Water with a boron selective resin Water Res.] (Наанглийском) ISS №0043-1354.
- 22 WHO (World Health Organization) (2011) Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, NLM classification: WA675

References

- 1 Bicar Nigazi, Sencal Bahire Filiz. Sorbitol – modified poly (N-glycidyl styrene sulfonamide) for removal of boron. J. Appl. Polym. Sci, 1998/ 68, №13, c.2113-2119.
- 2 Burakov M.M., Pavlichenko L.M. (2011) Masshtaby realizacii proekta po ochistke podzemnyh vod doliny r. Ilek ot bora [The scope of the project to clean up the groundwater river valley. Ilek from boron] (In Russian), Tomsk, Russia. P. 614-622
- 3 Davidovich G.T., Sahatova G.S., Davidovich S.G. Jekologo-gigienicheskie aspekty ohrany okruzhajushhej sredy i zdorov'ja cheloveka. Sb. trudov Min. jekologii i biosursov RK za 1994 g. [Environmental and hygienic aspects of environmental protection and human health] (In Russian), 1994
- 4 Esengül Kçse, Cem Tokatli, Arzu Zizek Monitoring Stream Water Quality: A Statistical Evaluation. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 23, No. 5 (2014), 1637-1647
- 5 Galkin V.M., Sharygin L.M. i dr. (1986) Sorbcija bora gidratirovannym dioksidom cirkonija, poluchennym zol'-gel'-metodom [Sorption boron hydrated zirconium dioxide produced by sol-gel method] (In Russian)
- 6 Ivanova S.A. (2015) Razrabotka tehnologii ochistki prirodnyh vod ot soedinenij bora, ammonija i zheleza [Development of technology for water purification from boron compounds, ammonium and iron] (In Russian)
- 7 Kravchenko V.B. (1965) Crystal structure CaB₂O₄·6H₂O [Kristallicheskaja struktur CaB₂O₄·6H₂O] (In Russian)
- 8 Leont'eva G.V. (1991) Vlijanie nekotoryh faktorov na kinetiku sorbcii ionov bora neorganicheskim anionoobmennikom tipa MNG [Influence of some factors on the sorption kinetics of boron ions inorganic anion exchanger type MNG] (In Russian)
- 9 Malakootian M., Hasibi A., Zeinadini A. (2007) The Evaluation of Underground Water Recourses' Boron Concentration and Variation Pattern Iranian J Publ Health, Vol. 36, No.4 P. 74-80
- 10 Mebrure Badruk, Nalan Kabay, Mustafa Demircioglu, Hasan Mordogan, Uner Ipekoglu (1999) Removal of Boron from Wastewater of Geothermal Power Plant by Selective Ion-Exchange Resins. I. Batch Sorption–Elution Studies Separation Science and Technology Vol. 34 , Iss. 13. P. 2553-2569.
- 11 Niyazi Bıçak, H. Önder Özbelge, Levent Yılmaz, Filiz Senkal B. (2000) Cross linked polymer gels for boron extraction derived from N-glucidol-N-methyl-2-hydroxypropul methacrylate. Marcomol. Chem and Phys. P.577-584.
- 12 Pavlichenko L.M. (1995) Kontrol' processa zagrijaznenija podzemnyh vod borom na osnove metoda standartnoj matricy nagruzok // Osvoenie mestorozhdenij mineral'nyh resursov i podzemnoe stroitel'stvo v slozhnyh gidrogeologicheskikh uslovijah:

Materialy III-go mezhdunarodnogo simpoziuma [Monitoring of groundwater contamination process of boron based on the standard method of loading matrix] (In Russian), Belgorod, Russia. P. 141-147

13 Pavlichenko L.M. (2010) Ocenka srokov ochishhenija ot bora starogo shlamonakopitelja v doline r. Ilek na osnove modeli razbavlenija / Sb. tr. Pervoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Sovremennoe sostojanie i problemy inzhenernoj jekologii, biotehnologii i ustojchivogo razvitija», KazNTU [The estimation of the cleansing from the old slurry tank of boron in the valley. Ilek-based dilution model] (In Russian), Almaty, Kazahstan. P. 303-308.

14 Pavlichenko L.M. (2011) Modeli samoochishhenija ot bora shlamonakopitelja i pochvogruntov v doline r. Ilek / Mat. Vserossijskoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 80-letiju kafedry GIGJe Nacional'nogo issledovatel'skogo Tomskogo politehnicheskogo universitet «Problemy gidrogeologii, inzhenernoj geologii i gidrojekologii» [Models of self-purification of boron slurry tank and soil in the Ilek valley] (In Russian), Tomsk, Russia. P. 288-295

15 Pavlichenko L.M. (2011) Pyleperenos iz shlamonakopitelja kak istochnik zagrjaznenija pochvogruntov i podzemnyh vod doliny r. Ilek borom / Mat. Vserossijskoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 80-letiju kafedry GIGJe Nacional'nogo issledovatel'skogo Tomskogo politehnicheskogo universitet «Problemy gidrogeologii, inzhenernoj geologii i gidrojekologii» [Dust transfer from the slurry tank as the source of contamination of soil and groundwater Ilek river valley by boron] (In Russian), Tomsk, Rossija. P. 280-287

16 Pavlichenko L.M. Certificate of authorship №449012 VO11 39110.

17 Pavlichenko L.M., Skljarova G.L., Aktymbaeva A.S. (2012) Ocenka roli osnovnyh istochnikov zagrjaznenija borom podzemnyh i poverhnostnyh vod doliny r. Ilek [Assessing the role of the main sources of pollution boron groundwater and surface water of the Ilek valley] (In Russian)

18 Pilipenko A.T., Grebenjuk V.D. Mel'nik L.A. (1990) Izvlechenie soedinenij bora iz prirodnyh i promyshlennyh vod [Extraction of boron compounds from natural and industrial waters] (In Russian)

19 Simonnot Marie-Odile, Castel Christo, Nicolai Miguel, Rosin Christophe, Sardin Mishel. (2000) Udalenie bora iz pit'evoj vody s ispol'zovaniem ionoobmennyyh smol. [Boron removal from drinking Water with a boron selective resin Water Res.] (Na anglijskom) ISS №0043-1354.

20 Skakov A., Safronov G. (2007) Informacionnyj bjulleten' po materialam proekta «Sozdanie Uralo-Kaspijskogo Bassejnogo Soveta» [Newsletter based on the project «Establishment of the Ural-Caspian Basin Council»] (In Russian)

21 WHO (World Health Organization) (2011) Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization Library Cataloguing-in-Publication Data, NLM classification: WA675

22 Zeyberlih N.Je., Vlasko G.N. (1991) Bjulleten' Moskovskogo obshhestva ispytatelej prirody [Bulletin of Moscow Society of Naturalists] (In Russian)